WIKIPEDIA

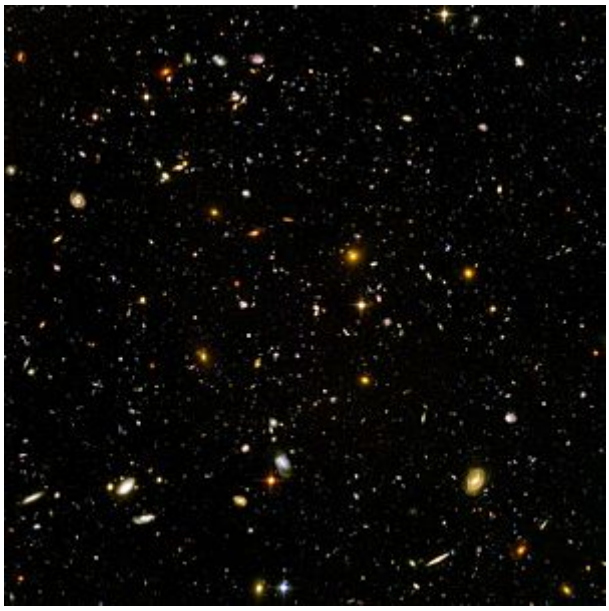
Universum

Das **Universum** (von lateinisch *universus* ‚gesamt'), auch der **Kosmos** oder das **Weltall** genannt, ist die Gesamtheit von Raum, Zeit und aller Materie und Energie darin. Das beobachtbare Universum beschränkt sich hingegen auf die vorgefundene Anordnung aller Materie und Energie, angefangen bei den elementaren Teilchen bis hin zu den großräumigen Strukturen wie Galaxien und Galaxienhaufen.

Die Kosmologie, ein Teilgebiet sowohl der Physik als auch der gegenwärtigen Philosophie der Naturwissenschaften, befasst sich mit dem Studium des Universums und versucht Eigenschaften des Universums wie beispielsweise die Frage nach der Feinabstimmung der Naturkonstanten zu beantworten.

Die heute allgemein anerkannte Theorie zur Beschreibung der großräumigen Struktur des Universums ist das Standardmodell der Kosmologie. Sie beruht auf der allgemeinen Relativitätstheorie in Kombination mit astronomischen Beobachtungen. Auch die Quantenphysik hat wichtige Beiträge zum Verständnis speziell des frühen Universums der Zeit kurz nach dem Urknall geliefert, in dem die Dichte und Temperatur sehr hoch waren. Wahrscheinlich wird ein erweitertes Verständnis des Universums erst erreicht, wenn die Physik eine Theorie entwirft, die die allgemeine Relativitätstheorie mit der Quantenphysik vereint. Diese „Theory Of Everything" oder auch Weltformel genannte Theorie der Quantengravitation soll die vier Grundkräfte der Physik einheitlich erklären.

Universum



Das Bild Hubble Ultra Deep Field bietet einen sehr tiefen Blick ins Universum.

Physikalische Eigenschaften (bezogen auf das beobachtbare Universum)	
Radius	> 45 Mrd. Lj[1]
Masse (sichtbar)	ca. 10^{53} kg
Mittlere Dichte	ca. $4{,}7 \cdot 10^{-30}$ g/cm^3
Alter	13,81 ± 0,04 Mrd. Jahre[2]
Anzahl Galaxien	ca. 2 Bio.[3]
Temperatur Hintergrundstrahlung	2,725 ± 0,002 K[4]

Anmerkung: Das Hubble Ultra Deep Field umfasst einen Raumwinkel, der ungefähr dem 150. Teil der durchschnittlichen Mondscheibe entspricht.

Inhaltsverzeichnis

Herkunft der Bezeichnungen

Alter und Zusammensetzung

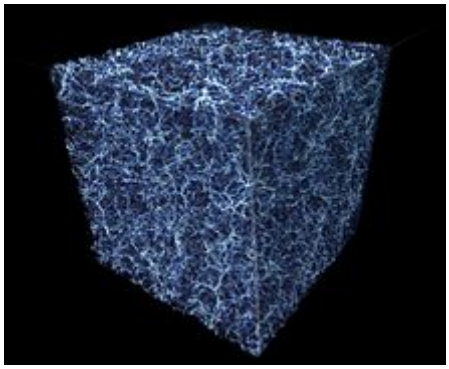
Form und Volumen

- Zusammenhang zwischen Massendichte, lokaler Geometrie und Form
- Konsequenzen eines unendlichen Raumzeitvolumens

Strukturen innerhalb des Universums

Karte der astronomischen Objekte

Siehe auch
Literatur
Weblinks
Einzelnachweise


Struktur des Universums

Herkunft der Bezeichnungen

Das Wort „Universum“ wurde im 17. Jahrhundert von Philipp von Zesen durch das Wort „Weltall“ verdeutscht.[5] Während das Universum bzw. Weltall alles umfasst, ist mit dem Begriff *Weltraum* nur der Raum außerhalb der Erdatmosphäre und außerhalb der Atmosphären anderer Himmelskörper gemeint, in dem nahezu ein Vakuum herrscht. Umgangssprachlich wird „Weltall“ oder „All“ aber auch mit der Bedeutung von „Weltraum“ verwendet.

Die Bezeichnung „Kosmos“ ist aus altgriechisch κόσμος ‚Ordnung‘ entlehnt und drückt zusätzlich zur Bezeichnung „Universum“ aus, dass sich das Universum in einem „geordneten“ Zustand befinde, als Gegenbegriff zum Chaos. Es ist seit dem 19. Jahrhundert bezeugt und ist die Wortwurzel für Kosmonaut, die Bezeichnung für sowjetische bzw. russische Raumfahrer.

Alter und Zusammensetzung

Die klassische und heute weithin anerkannte Urknalltheorie geht davon aus, dass das Universum in einem bestimmten Augenblick, dem Urknall, aus einer Singularität heraus entstanden ist und sich seitdem ausdehnt (*siehe* Expansion des Universums). Zeit, Raum und Materie sind demnach mit dem Urknall entstanden. Zeiten „vor“ dem Urknall und Orte „außerhalb“ des Universums sind physikalisch nicht definierbar. Daher „gibt“ es in der Physik weder ein räumliches „Außerhalb“ noch ein zeitliches „Davor“ noch eine Ursache des Universums.

Die Andromeda-Galaxie, die uns am nächsten gelegene größere Galaxie

Da die naturwissenschaftlichen Gesetze für die extremen Bedingungen während der ersten etwa 10^{-43} Sekunden (Planck-Zeit) nach dem Urknall nicht bekannt sind, beschreibt die Theorie den eigentlichen Vorgang streng genommen nicht. Erst nach Ablauf der Planck-Zeit können die weiteren Abläufe physikalisch nachvollzogen werden. So lässt sich dem frühen Universum z. B. eine Temperatur von $1{,}4 \cdot 10^{32}$ K (Planck-Temperatur) zuordnen.

Das Alter des Universums ist aufgrund von Präzisionsmessungen durch das Weltraumteleskop Planck sehr genau gemessen: 13,81 ± 0,04 Milliarden Jahre. Eine frühere Ermittlung des Alters durch den Satelliten WMAP ergab das etwas ungenauere Ergebnis von 13,7 Milliarden Jahren. Das Alter kann auch durch Extrapolation von der momentanen Expansionsgeschwindigkeit des Universums auf den Zeitpunkt, an dem das Universum in einem Punkt komprimiert war, berechnet werden. Diese Berechnung hängt aber stark von der Zusammensetzung des Universums ab, da Materie bzw. Energie durch Gravitation die Expansion verlangsamen. Die bisher nur indirekt nachgewiesene Dunkle Energie kann die Expansion allerdings auch beschleunigen. So können verschiedene Annahmen über die Zusammensetzung des Universums zu verschiedenen Altersangaben führen. Durch das Alter der ältesten Sterne kann eine untere Grenze für das Alter des Universums angegeben werden. Im aktuellen Standardmodell stimmen die Ergebnisse dieser Methoden sehr gut überein.

Sämtliche Berechnungen für das Alter des Universums setzen voraus, dass der Urknall tatsächlich als zeitlicher Beginn des Universums betrachtet werden kann, was wegen Unkenntnis der physikalischen Gesetze für den Zustand unmittelbar nach Beginn des Urknalls nicht gesichert ist. Zwar kann ein *statisches* Universum, das unendlich alt *und* unendlich groß ist, ausgeschlossen werden, nicht jedoch ein *dynamisches* unendlich großes Weltall. Dieses wird unter anderem durch die beobachtete Expansion des Weltalls begründet. Des Weiteren wies schon der Astronom Heinrich Wilhelm Olbers darauf hin, dass bei unendlicher Ausdehnung und unendlichem Alter eines statischen Universums der Nachthimmel hell leuchten müsste (Olberssches Paradoxon), da jeder Blick, den man in den Himmel richtet, automatisch auf einen Stern fallen müsste. Ist das Universum allerdings unendlich groß, hat aber nur ein endliches Alter, so hat uns das Licht von bestimmten Sternen einfach noch nicht erreicht.

Der Tarantelnebel

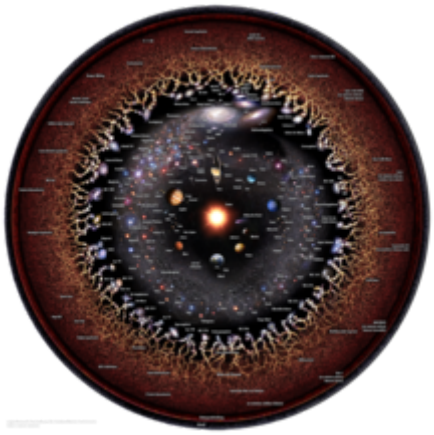
Der Raum zwischen Galaxien ist nicht vollständig leer, sondern enthält neben Sternen und Staubwolken unter anderem auch Wasserstoff-Gas. Dieses intergalaktische Medium hat eine Dichte von etwa einem Atom pro Kubikmeter. Innerhalb von Galaxien ist die Dichte der Materie jedoch wesentlich höher. Desgleichen ist der Raum von Feldern und Strahlung durchsetzt. Die Temperatur der Hintergrundstrahlung beträgt 2,7 Kelvin (also etwa −270 °C). Sie entstand 380.000 Jahre nach dem Urknall. Das Universum besteht nur zu einem kleinen Teil aus uns bekannter Materie und Energie (5 %), von dem wiederum nur 10 % Licht aussendet und dadurch sichtbar ist. Einen größeren Teil (27 %) macht Dunkle Materie aus. Dunkle Materie ist durch eine Vielzahl von Beobachtungen indirekt nachgewiesen, aber ihre Zusammensetzung ist noch weitgehend unverstanden. Der größte Teil ist Dunkle Energie (68 %), die für die beschleunigte Expansion verantwortlich ist.[6] Auf die Dunkle Energie wurde aus den Daten von weit entfernten Supernovaexplosionen geschlossen, ihre Existenz wird durch Satelliten wie COBE, WMAP und Planck, Ballonexperimente wie BOOMERanG sowie Gravitationslinseneffekte und die Galaxienverteilung im Universum bestätigt.

Form und Volumen

Intuitiv liegt die Vermutung nahe, dass aus der Urknalltheorie eine „Kugelform“ des Universums folgt; das ist jedoch nur eine von mehreren Möglichkeiten. So wurden neben einem flachen unendlichen Universum viele andere Formen vorgeschlagen, darunter beispielsweise eine Hypertorusform, oder auch die in populärwissenschaftlichen Publikationen als „Fußballform“ und „Trompetenform“ bekannt gewordenen Formen. Einige Daten des Satelliten WMAP sprechen auch dafür, dass das Universum ein Ellipsoid ist.[7]

Im CDM-Standardmodell (CDM von engl. *C*old *D*ark *M*atter, „kalte dunkle Materie“) sowie dem aktuelleren Lambda-CDM-Standardmodell, das die gemessene Beschleunigung der Expansion des Universums berücksichtigt, ist das Universum flach; das heißt, der Raum wird durch die euklidische Geometrie beschrieben. Ein solches Universum muss nicht zwingend ein unendliches Volumen haben, da auch kompakte Topologien für den Raum möglich sind. Auf der Basis der verfügbaren Beobachtungen kann nur eine grobe untere Grenze für die Ausdehnung des Universums angegeben werden. Nach Neil J. Cornish[8] von der Montana State University zeigen Daten des Satelliten WMAP, dass das Universum gemäß den meisten Modellen einen Durchmesser von mindestens 78 Milliarden Lichtjahren besitzen muss. Im Lambda-CDM-Standardmodell wird daher meist eine flache Geometrie mit unendlicher Ausdehnung betrachtet.

Hintergrund der berechneten Mindestgröße ist, dass eine Krümmung des Universums nicht gemessen werden konnte. Die Messungenauigkeit ist aber mit 2 % relativ groß. Geht man davon aus, dass diese Messungenauigkeit zu einer Krümmung des Universums von ebendiesen maximal 2 % führt, so könnte das Universum in sich selbst zurückgekrümmt sein. Die Krümmung könnte aber tatsächlich null sein oder sie könnte einen Wert zwischen null und der maximalen denkbaren Krümmung annehmen. Im ersten Fall wäre das Universum unendlich groß, im letzteren wäre es größer als 78 Milliarden Lichtjahre.



Von der Erde übertragene Fernsehsignale erreichen niemals den Rand dieses Bildes.

Da das Universum 13,8 Mrd. Jahre alt ist, können nur Objekte wahrgenommen werden, deren Licht vor maximal 13,8 Mrd. Jahren ausgesandt wurde. Dies ist das beobachtbare Universum. Da sich in den vergangenen 13,8 Mrd. Jahren der Raum stark ausgedehnt hat, befinden sich die Orte, von denen Objekte vor 13,8 Mrd. Jahren Licht ausgesandt haben, heute mehr als etwa 45 Mrd. Lichtjahre entfernt. Die Objekte selbst können sich durch Eigenbewegung innerhalb des Raumes in der Zeitspanne von 13,8 Mrd. Jahren von diesen Orten noch darüber hinaus weiter entfernt haben.[9]

Wichtig ist der Unterschied zwischen *Unendlichkeit* und *Unbegrenztheit:* Auch wenn das Universum ein endliches Volumen besäße, könnte es unbegrenzt sein. Anschaulich lässt sich dieses Modell folgendermaßen darstellen: Eine Kugeloberfläche (Sphäre) ist endlich, besitzt aber auf dieser Fläche keinen Mittelpunkt und ist unbegrenzt (man kann sich auf ihr fortbewegen, ohne jemals einen Rand zu erreichen). So wie eine zweidimensionale Kugeloberfläche eine dreidimensionale Kugel umhüllt, kann man, falls das Universum nicht flach, sondern gekrümmt ist, sich den dreidimensionalen Raum als Oberfläche eines höherdimensionalen Raums vorstellen. Wohlgemerkt dient dies lediglich der Veranschaulichung, denn das Universum ist in der klassischen Kosmologie nicht in einen höherdimensionalen Raum eingebettet.

Zusammenhang zwischen Massendichte, lokaler Geometrie und Form

Obwohl die lokale Geometrie sehr nahe an einer flachen, euklidischen Geometrie liegt, ist auch eine sphärische oder hyperbolische Geometrie nicht ausgeschlossen. Da die lokale Geometrie mit der globalen Form (Topologie) und dem Volumen des Universums verknüpft ist, ist letztlich auch unbekannt, ob das Volumen endlich ist (mathematisch ausgedrückt: ein kompakter topologischer Raum) oder ob das Universum einen unendlichen Rauminhalt besitzt. Welche Geometrien und Formen für das Universum möglich sind, hängt gemäß den Friedmann-Gleichungen, welche die Entwicklung des Universums im Standard-Urknallmodell beschreiben, wiederum wesentlich von der Energiedichte bzw. der Massendichte im Universum ab:

- Ist diese Dichte kleiner als ein bestimmter, als kritische Dichte bezeichneter Wert, so wird die globale Geometrie als hyperbolisch bezeichnet, da sie als das dreidimensionale Analogon zu einer zweidimensionalen hyperbolischen Fläche angesehen werden kann. Ein hyperbolisches Universum ist offen, d. h., ein gegebenes Volumenelement innerhalb des Universums dehnt sich immer weiter aus, ohne jemals zum Stillstand zu kommen. Das Gesamtvolumen eines hyperbolischen Universums kann sowohl unendlich als auch endlich sein.
- Ist die Energiedichte exakt gleich der kritischen Dichte, ist die Geometrie des Universums flach (euklidisch). Das Gesamtvolumen eines flachen Universums ist im einfachsten Fall, wenn man einen euklidischen Raum als einfachste Topologie annimmt, unendlich. Es sind aber auch Topologien mit endlichem Rauminhalt mit einem euklidischen Universum zu vereinbaren. Beispielsweise ist ein Hypertorus als Form möglich. Auch ein flaches Universum ist wie das hyperbolische Universum offen, ein gegebenes Volumenelement dehnt sich also immer weiter

aus. Seine Expansion verlangsamt sich jedoch zusehends, sodass nach unendlicher Zeit eine endliche Ausdehnung erreicht ist.
- Ist die Energiedichte größer als die kritische Dichte, wird das Universum als „sphärisch“ bezeichnet. Das Volumen eines sphärischen Universums ist endlich. Im Gegensatz zum euklidischen und zum hyperbolischen Universum kommt die Ausdehnung des Universums irgendwann zum Stillstand und kehrt sich danach um. Das Universum „stürzt“ also wieder in sich zusammen.

Gegenwärtige astronomische Beobachtungsdaten erlauben es nicht, das Universum von einem euklidischen Universum zu unterscheiden. Die bisher gemessene Energiedichte des Universums liegt also so nahe an der kritischen Dichte, dass die experimentellen Fehler es nicht ermöglichen, zwischen den drei grundlegenden Fällen zu unterscheiden.

Dunkle Energie beeinflusst weiterhin die Expansionseigenschaften des Universums. So führt ein großer Anteil von Dunkler Energie dazu, dass ein sphärisches Universum nicht in sich zusammenstürzt, oder ein flaches Universum sich immer weiter beschleunigt. Bestimmte Formen der Dunklen Energie können sogar dazu führen, dass das Universum lokal schneller als Lichtgeschwindigkeit expandiert und so in einem Big Rip auseinandergerissen wird, da keine Wechselwirkungen zwischen Teilchen mehr stattfinden können.

Konsequenzen eines unendlichen Raumzeitvolumens

Die Annahme eines Universums mit einem unendlichen Raumzeitvolumen wirft einige Fragen nach den erkenntnistheoretischen Konsequenzen dieser Annahme auf. Hier spielt besonders das anthropische Prinzip eine Rolle, wie es z. B. von Brandon Carter formuliert wurde.[10] Danach muss – in der vorsichtigsten Interpretation – zumindest die Notwendigkeit der Existenz eines Beobachters bei der Interpretation astronomischer Daten berücksichtigt werden; d. h., Beobachtungsdaten sind nicht notwendigerweise repräsentativ für das gesamte Universum.

Beispiele für Folgerungen, die verschiedentlich daraus gezogen wurden, sind etwa, dass ein lokal scheinbar lebensfreundliches Universum im Ganzen extrem lebensfeindlich sein kann oder dass selbst extrem unwahrscheinliche, aber mögliche Ereignisse sich in einem solchen Universum unendlich oft ereignen müssten.[11] In neuerer Zeit hat u. a. der Physiker Max Tegmark behauptet, dass aus dem gegenwärtigen Standardmodell des Universums zusammen mit der Quantentheorie folge, dass im Durchschnitt alle $10^{10^{29}}$ Meter eine „Zwillingswelt“ existieren müsse.[12] Die von Tegmark genannten Argumente treffen auch auf ein Universum mit endlichem, aber hinreichend großem, Volumen zu. Diese Argumente wie auch die Folgerungen sind allerdings umstritten, und wurden z. B. in der Publikation *About the Infinite Repetition of Histories in Space* durch den Satz „*these scenarios remain no more than literary tales*“ beschrieben.[13]

Strukturen innerhalb des Universums

→ *Hauptartikel: Struktur des Kosmos*

Auf der größten beobachtbaren Skala findet man Galaxienhaufen, die sich zu noch größeren Superhaufen zusammenfinden. Diese bilden wiederum fadenartige Filamente, die riesige, blasenartige, praktisch galaxienfreie Hohlräume (engl. Voids, void = leer) umspannen. Man spricht mitunter auch von der *wabenartigen Struktur* (engl. *cosmic web*) des Universums. Es ergibt sich die folgende Rangfolge von den größten zu den kleinsten Strukturen des beobachtbaren Universums:

1. Large Quasar Group (LQG) (Bsp.: U1.27, Durchmesser: etwa 4 Mrd. Lichtjahre)
2. Filamente und Voids (Bsp.: Große Mauer, Durchmesser: etwa 1 Mrd. Lichtjahre)
3. Superhaufen (Bsp.: Virgo-Superhaufen, Durchmesser: etwa 200 Millionen Lichtjahre)

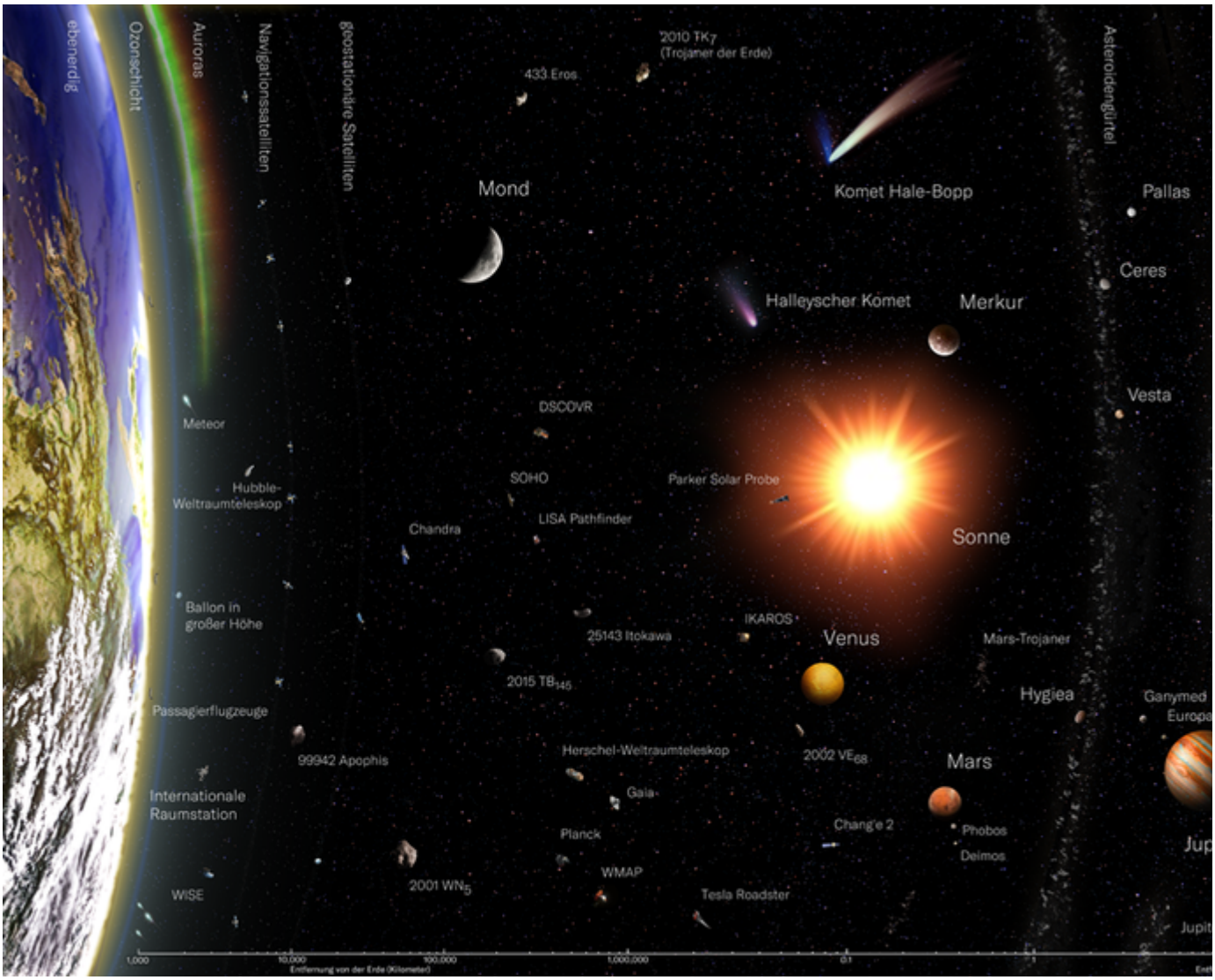
4. Galaxienhaufen (Bsp.: Lokale Gruppe, Durchmesser: etwa 10 Millionen Lichtjahre)
5. Galaxien (Bsp.: Milchstraße, Durchmesser: etwa 100.000 Lichtjahre)
6. Sternhaufen (Kugelsternhaufen, Offene Sternhaufen, Durchmesser: Dutzende bis Hunderte Lichtjahre)
7. Planetensysteme (Bsp.: Unser Sonnensystem, Durchmesser: etwa 300 AE = 41 Lichtstunden)
8. Sterne (Bsp.: Sonne, Durchmesser: 1.392.500 km)
9. Exoplaneten und Planeten (Bsp.: Erde, Durchmesser: 12.756,2 km)
10. Monde (Bsp.: Erdmond Durchmesser: 3.476 km)
11. Asteroiden, Kometen (Durchmesser: wenige Kilometer bis mehrere 100 km)
12. Meteoroiden (Durchmesser: vom Meter- bis herab zum Millimeterbereich)
13. Staubpartikel
14. Moleküle
15. Atome
16. Protonen
17. Elektronen

Die Milchstraße

Komet C/2014 Q2 (Lovejoy)

Anmerkung: Die Größenskalen sind teilweise überlappend. So existieren beispielsweise Monde, die Planeten an Größe übertreffen, oder Asteroiden, die wesentlich größer als manche Monde sind.

Karte der astronomischen Objekte



Veranschaulichung der Entfernungsrelation diverser astronomischer Objekte in einer nicht maßstäblichen Darstellung – dabei erscheinen die Himmelskörper zu groß, die Entfernungen sind logarithmisch skaliert.

Siehe auch

- Position der Erde im Universum

Literatur

- David Deutsch: *Die Physik der Welterkenntnis. Auf dem Wege zum universellen Verstehen.* Birkhäuser, Berlin 1996. ISBN 3-7643-5385-6.
- J. Richard Gott III u. a.: *A Map of the Universe. (http://arxiv.org/abs/astro-ph/0310571)* In: *Astrophysical Journal.* Chicago 624.2005, 463. ISSN 0004-637X.
- Stephen Hawking: *Eine kurze Geschichte der Zeit.* rororo. Rowohlt, Reinbek 1991. ISBN 3-499-60555-4
- Stephen Hawking: *Das Universum in der Nussschale.* Dtv, München 2003. ISBN 3-423-33090-2
- Lisa Randall: *Verborgene Universen – Eine Reise in den extradimensionalen Raum.* S. Fischer, Frankfurt 2006 (3. Aufl.). ISBN 3-10-062805-5.
- Reto Rössler, Tim Sparenberg, Philipp Weber (Hrsg.): *Kosmos und Kontingenz. Eine Gegengeschichte*. Wilhelm Fink, Paderborn 2016, ISBN 978-3-7705-5885-8

- Steven Weinberg: *Die ersten drei Minuten.* Piper, München 1977. ISBN 3-492-22478-4.
- Steven Weinberg: *Der Traum von der Einheit des Universums.* Bertelsmann, München 1993. ISBN 3-570-02128-9.
- Charles H. Lineweaver, Tamara M. Davis: *Der Urknall – Mythos und Wahrheit.* In: *Spektrum der Wissenschaft.* Heidelberg 2005, 5 (Mai), S. 38–47. ISSN 0170-2971.
- Brian Greene: *Der Stoff, aus dem der Kosmos ist. Raum, Zeit und die Beschaffenheit der Wirklichkeit.* Siedler, München 2004, ISBN 3-88680-738-X.
- Harry Nussbaumer: *Das Weltbild der Astronomie.* vdf Hochschulverlag, Zürich 2007 (2. Aufl.). ISBN 3-7281-3106-7.
- Brian May, Patrick Moore, Chris Lintott: *Bang! A Complete History of the Universe.* Carlton Books, London 2006. ISBN 1-84442-552-5.

Weblinks

Commons: Universum (https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Universe?uselang=de) – Sammlung von Bildern, Videos und Audiodateien

Wikiquote: Universum – Zitate

Wiktionary: Universum – Bedeutungserklärungen, Wortherkunft, Synonyme, Übersetzungen

Wikibooks: Wikijunior Sonnensystem/ Raumforschung – Lern- und Lehrmaterialien

- Visualisierte Karten des Universums (https://web.archive.org/web/20180204152432/http://ephemeriden.com/universe.py) (Memento vom 4. Februar 2018 im *Internet Archive*) des Sloan Digital Sky Survey Projekts

Videos:

- *The Known Universe.* (https://www.youtube.com/watch?v=17jymDn0W6U) Erstellt von dem American Museum of Natural History.
- *Wie groß ist das Universum? (https://www.br.de/mediathek/video/sendungen/alpha-centauri/centauri-gross-universum-100.html)* Aus der Fernseh-Sendereihe *alpha-Centauri* (ca. 15 Minuten). Erstmals ausgestrahlt am 6. Dez. 1998.
- *Wie sieht die Zukunft des Universums aus? (https://www.br.de/mediathek/video/sendungen/alpha-centauri/alpha-centauri-universum-2001_x102.html)* aus der Fernseh-Sendereihe *alpha-Centauri* (ca. 15 Minuten). Erstmals ausgestrahlt am 19. Aug. 2001.

Einzelnachweise

1. J. Richard Gott III u. a.: *A Map of the Universe.* In: *The Astrophysical Journal.* Ausgabe 624, Nr. 2, arxiv:astro-ph/0310571 (https://arxiv.org/abs/astro-ph/0310571).
2. Planck Collaboration u. a: *Planck 2015 results. XIII. Cosmological parameters* In: Astronomy & Astrophysics 594, A13 (2016), arxiv:1502.01589v3 (https://arxiv.org/abs/1502.01589v3), Seite 32.
3. *Hubble Reveals Observable Universe Contains 10 Times More Galaxies Than Previously Thought.* (https://www.nasa.gov/feature/goddard/2016/hubble-reveals-observable-universe-contains-10-times-more-galaxies-than-previously-thought) In: *NASA.* Abgerufen am 22. Januar 2018.
4. Kenneth R. Lang: *A Companion to Astronomy and Astrophysics. Chronology and Glossary with Data Tables.* Springer, 2006, S. 242.
5. Christa Pöppelmann: *1000 Irrtümer der Allgemeinbildung (http://books.google.com/books?id=5IWrZyVZwbUC&pg=PA191)*. Compact-Verlag, Januar 2009, ISBN 978-3-8174-6689-4, S. 191.

6. *Astronomie – Planeten, Sterne, Galaxien.* GEO Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG. GEO Themenlexikon. Bd. 5. GEO, Gruner+Jahr, Mannheim 2007. ISBN 3-7653-9425-4.
7. *Das Universum – Ein Ellipsoid? (http://www.astronews.com/news/artikel/2006/09/0609-019.shtml)* Bei: *Astronews.com.* 27. September 2006, abgerufen am 23. Juni Mai 2008.
8. *Neil J. Cornish, Ph.D – Professor. (https://web.archive.org/web/20120204083738/http://www.physics.montana.edu/people/facdetail.asp?id_PersonDetails=8)* (Memento *vom 4. Februar 2012 im* Internet Archive*).*
9. *Wie groß ist unser flaches Universum? (https://www.welt.de/wissenschaft/article160309660/Wie-gross-ist-unser-flaches-Universum.html)* Bei: *welt.de.* 21. Januar 2015, abgerufen am 1. März 2020.
10. B. Carter: *Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology.* In: *Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data.* Copernicus Symposium 2. IAU Symposium. Bd. 63. Reidel, Dordrecht 1974, 291–298. ISBN 90-277-0456-2.
11. Nick Bostrom: *Anthropic Bias Observation Selection Effects in Science and Philosophie.* Routledge, New York 2002. ISBN 0-415-93858-9.
12. Max Tegmark: *Parallel Universes. (http://arxiv.org/pdf/astro-ph/0302131.pdf)* 2003; gekürzt veröffentlicht in *Scientific American (http://space.mit.edu/home/tegmark/PDF/multiverse_sciam.pdf),* Mai 2003.
13. Francisco José Soler Gil, Manuel Alfonseca: *About the Infinite Repetition of Histories in Space (2013) (https://arxiv.org/abs/1301.5295)*, abgerufen am 31. Mai 2020.

Abgerufen von „https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Universum&oldid=200902885“

Diese Seite wurde zuletzt am 12. Juni 2020 um 19:56 Uhr bearbeitet.

Der Text ist unter der Lizenz „Creative Commons Attribution/Share Alike“ verfügbar; Informationen zu den Urhebern und zum Lizenzstatus eingebundener Mediendateien (etwa Bilder oder Videos) können im Regelfall durch Anklicken dieser abgerufen werden. Möglicherweise unterliegen die Inhalte jeweils zusätzlichen Bedingungen. Durch die Nutzung dieser Website erklären Sie sich mit den Nutzungsbedingungen und der Datenschutzrichtlinie einverstanden. Wikipedia® ist eine eingetragene Marke der Wikimedia Foundation Inc.